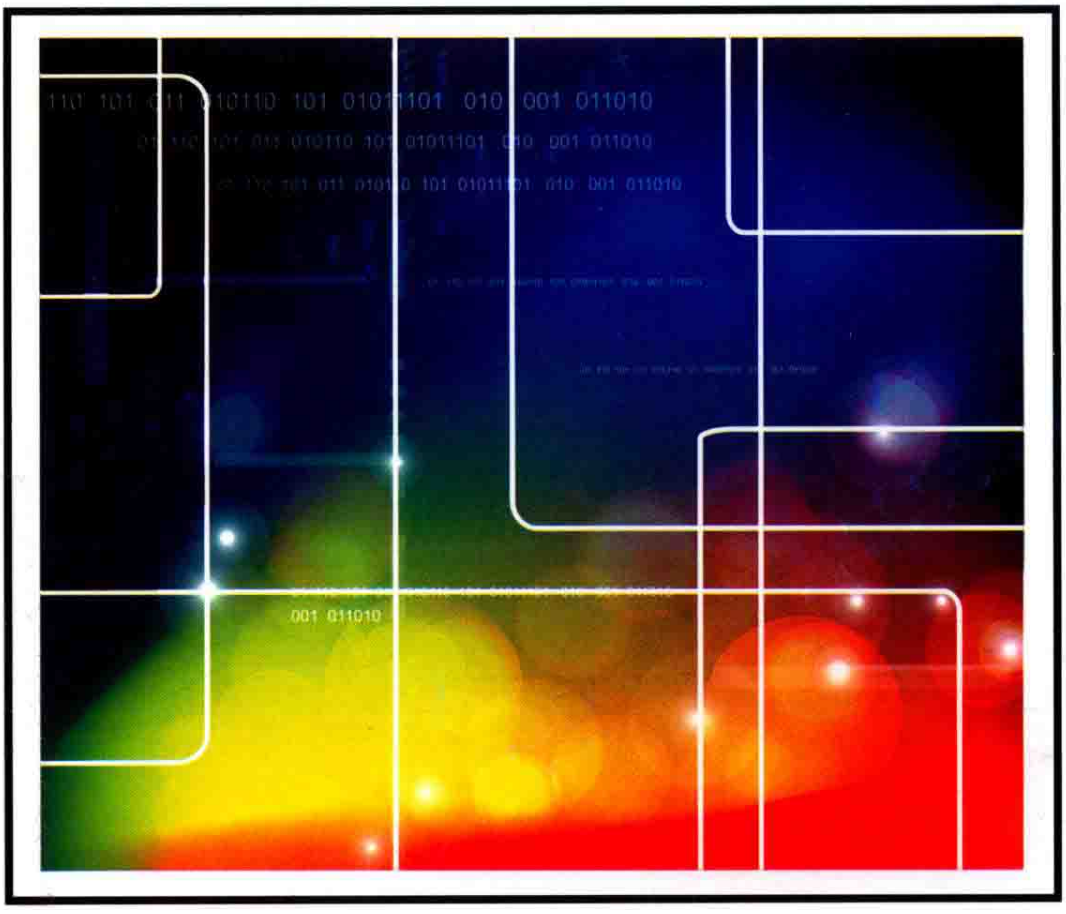
新世纪计算机类专业规划教材
COMPUTER

计算机网络管理

（第三版）

雷震甲　编著



西安电子科技大学出版社
http://www.xduph.com

新世纪计算机类专业规划教材

计算机网络管理

（第三版）

雷震甲　编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书根据网络管理课程教学大纲的要求，以 SNMP 协议为基础讨论了网络管理系统的体系结构、管理功能域、协议操作规范、管理信息库组成、远程网络监视以及网络管理系统的安全机制。本书还介绍了网络管理的实用技术，包括 Windows 中的网络管理工具以及广泛使用的网络管理和分析软件。最后本书讨论了网络测试和网络性能评价的标准、方法和工具。

本书既可作为高等学校计算机和通信专业本科生的教科书，也可供相关专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络管理 / 雷震甲编著. —3 版. —西安：西安电子科技大学出版社，2017.4
新世纪计算机类专业规划教材
ISBN 978-7-5606-4439-4

Ⅰ. ① 计… Ⅱ. ① 雷 Ⅲ. ① 计算机网络管理 Ⅳ. ① TP393.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 065635 号

策　　划　臧延新
责任编辑　杨　璠
出版发行　西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)
电　　话　(029)88242885　88201467　　邮　　编　710071
网　　址　www.xduph.com　　电子邮箱　xdupfxb001@163.com
经　　销　新华书店
印刷单位　陕西华沐印刷科技有限责任公司
版　　次　2017 年 4 月第 3 版　2017 年 4 月第 8 次印刷
开　　本　787 毫米×1092 毫米　1/16　印 张　19
字　　数　447 千字
印　　数　23001～26000 册
定　　价　36.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4439 - 4 / TP

XDUP 4731003-8

前　言

本书第二版出版以来得到了众多读者的青睐，经多次重印，一直在很多高校作为网络管理课程的教材使用。这次再版主要作了如下三项修订：一是删去了原书的第 7 章 Windows 网络管理和第 9 章网络管理技术的发展，这些内容可以在其他课程或实际研发工作中学习。二是增加了当前常用的科来网络分析系统。第 6、7 两章可供读者选学，只要能熟练应用一种管理软件就可以了。三是根据有关网络管理课程教学大纲的要求，新编了第 9 章网络测试与性能评价，其中对网络测试的基本概念，网络测试的标准、方法和工具都进行了详细论述，也比较完整地讨论了网络设备和网络系统的性能评价指标和评价方法。其中，第三项改进也是最主要的改进。经过这些修改，本书的内容更加切合当前网络管理工作的实际要求，能对学生进一步的学习和考研提供更多的帮助。

由于编者水平有限，书中可能仍有些许错误或不当之处，敬请读者批评指正。

编　者

2016 年 11 月

第二版前言

在日常生活和商业活动日益依赖于互联网的情况下，人们对计算机网络的性能、安全和效率提出了更高的要求，研究网络管理技术和开发适用的网络管理工具就成为相关专业技术人员的重要职责。使用统一的网络管理标准和适用的网络管理工具，可以对计算机网络实施有效的管理，减少停机时间，改进响应时间，提高设备的利用率，同时还可以减少运行的费用。本书就是围绕这些方面为计算机和通信类专业学生编写的专业课教材。

此次再版，作者根据近年来教材的使用情况和网络管理技术的发展趋势对第一版进行了部分修订。修订后的内容扩展为 9 章：第一章讲述网络管理系统的体系结构和管理功能域；第二章介绍抽象语法表示，这种形式化方法越来越多地用于描述网络协议规范；第三章介绍管理信息库的结构和使用方法；第四章讲述 SNMPv1/v2/v3 协议规范和操作技术；第五章讲述 RMON 管理信息库及其在局域网管理中的应用；第六章以 SNMPc 软件为例综合讲述实际的网络管理技术；第七章介绍 Windows 环境下的网络配置和管理技术；第八章介绍了一些常用的网络管理工具，适用于各种流行的网络操作系统；最后，第九章介绍网络管理技术的发展方向，供读者进一步研究时参考。

由于作者的水平有限，书中难免出现疏漏和错误之处，敬请读者不吝指正。

编 者

2010 年 9 月

第一版前言

自从作者的第一本计算机网络管理教材出版以来，网络管理技术得到了迅速的发展。IETF 于 1999 年公布了 SNMPv3 标准草案，2002 年 4 月 SNMPv3 被确定为互联网管理标准，并且得到了设备制造商的大力支持。许多 SNMPv3 代理开发工具和基于安全策略的管理站已经出现，有的 SNMPv3 引擎还可以嵌入到现有的网络管理平台中。许多制造商，例如 Cisco 和 HP 等都推出了基于 SNMPv3 的网管产品。

本书的内容包括网络管理系统概述、管理信息结构、简单网络管理协议 SNMPv1/v2/v3、管理信息库 MIB-2、远程网络监视 RMON1 和 RMON2、Windows Server 2003 网络管理、Red Hat Linux 9.0 网络管理和 SNMPc7.0 网络管理系统的应用。

本书是作为网络工程专业的专业课教材编写的，也可以作为计算机相关专业的教材或参考书。使用统一的网络管理标准和适用的网络管理工具，就可以对计算机网络实施有效的管理，减少停机时间，改进响应时间，提高设备的利用率，同时还可以减少运行费用。管理工具可以很快发现并消灭网络通信瓶颈，提高运行效率，及时修改和优化网络的配置，使网络更容易使用。在商业活动日益依赖于互联网的情况下，人们要求网络工作得更安全，对网络资源的访问要严格控制，并防止计算机病毒和非法入侵者的破坏。研究网络管理技术和开发适用的网络管理工具无疑是计算机专业技术人员的重要职责。希望读者能从本书中学习到对自己有用的知识。

本书第一至五章以及第八章由雷震甲编写，第六章由严体华编写，第七章由林明园和刘鹏编写。全书由雷震甲统稿。

由于作者水平有限，书中难免出现错误和不足之处，敬请读者不吝指正。

编　者

2005 年 11 月

目　录

第 1 章　网络管理概论

计算机网络的结构越来越复杂，一方面是因为网络互联的规模越来越大，另一方面是因为联网设备越来越多样。异构型网络设备、多协议栈互联、性能需求不同的各种网络业务更增加了网络管理的难度和管理费用，单靠管理员手工管理已经无能为力。所以研究网络管理的理论，开发先进的网络管理技术，采用自动化的网络管理工具就是一项迫切的任务了。

1.1　网络管理的基本概念

对于不同的网络，管理的要求和难度也不同。局域网的管理是相对简单的，因为局域网运行统一的操作系统。尽管有的局域网规模比较大，但只要熟悉网络操作系统的管理功能和操作命令就可以管好一个局域网。但是对于由异构型设备组成的、运行多种操作系统的互联网的管理就不是那么简单了，这需要跨平台的网络管理技术。

TCP/IP 协议所具有的开放性，使其自 20 世纪 90 年代以来逐渐得到网络制造商的支持，从而获得了广泛的应用，且已经成为事实上的互联网标准。在 TCP/IP 网络中有一个简单的管理工具——ping 程序。用 ping 发送探测报文可以确定通信目标的连通性及传输时延。如果网络规模不是很大，互联的设备不是很多，这种方法还是可行的。但是当网络的互联规模很大时这种方法就不适用了。这是因为，一方面 ping 返回的信息很少，无法获取被管理设备的详细情况；另一方面用 ping 程序对很多设备逐个测试检查，工作效率很低。在这种情况下出现了用于 TCP/IP 网络管理的标准——简单网络管理协议 SNMP。这个标准适用于任何支持 TCP/IP 的网络，无论是哪个厂商生产的设备，或是运行哪种操作系统的网络。

与此同时，国际标准化组织也推出了 OSI 系统管理标准 CMIS/CMIP。从长远看，OSI 系统管理更适合结构复杂、规模庞大的异构型网络，但由于其技术开发缓慢，尚没有进入实用阶段。

网络管理标准的成熟刺激了制造商的开发活动。市场上已经出现了符合国际标准的商用网络管理系统。有的是主机厂家开发的网络管理应用系统开发软件(例如 IBM NetView、HP OpenView)，有的是网络产品制造商推出的与硬件相结合的网管工具(例如 Cisco Works2000、Cabletron Spectrum)。这些产品都可以称为网络管理平台，在此基础上开发适合用户网络环境的网络管理应用软件，才能实施有效的网络管理。

有了统一的网络管理标准和适用的网络管理工具，对网络实施有效的管理，就可以减少停机时间，改进响应时间，提高设备的利用率，同时还可以减少运行费用。管理工具可

以很快地发现并消灭网络通信瓶颈，提高运行效率。为了及时采用新技术，还需要有方便适用的网络配置工具，以便及时修改和优化网络的配置，使网络更容易使用，提供多种多样的网络业务。在商业活动日益依赖于互联网的情况下，人们还要求网络工作得更安全，对网上传输的信息要保密，对网络资源的访问要有严格的控制，以及防止计算机病毒和非法入侵者的破坏等。这些需求进一步促进了网络管理工具的研究和开发。

1.2　网络管理系统体系结构

1.2.1　网络管理系统的层次结构

一般的网络管理系统分为管理站和代理系统两部分，其层次结构如图 1-1 所示。网络管理站中的最下层是操作系统和计算机硬件。操作系统和计算机硬件之上是支持网络管理的协议簇，例如 OSI、TCP/IP 等通信协议簇，以及专用于网络管理的 SNMP、CMIP 协议等。协议簇上面是网络管理框架(Network Management Framework)，这是各种网络管理应用工作的基础架构。

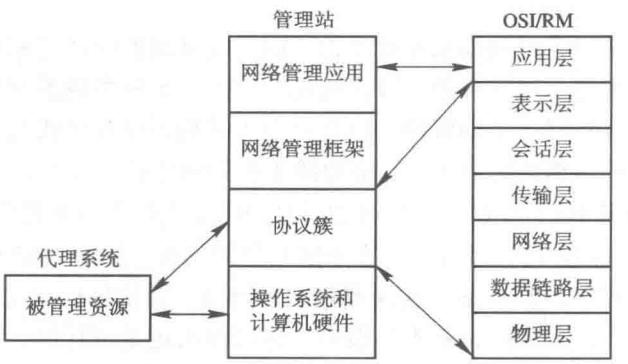


图 1-1　网络管理系统的层次结构

网络管理框架一般都提供以下功能：

- 为存储管理信息提供数据库支持，例如关系数据库或面向对象的数据库。
- 提供用户接口和用户视图(View)功能，例如管理信息浏览器。
- 提供基本的管理操作，例如获取管理信息、配置设备参数等操作过程。

网络管理应用是用户根据需要开发的管理软件，这种软件运行在具体的网络上，实现特定的管理目标，例如故障诊断和性能优化，或者业务管理和安全控制等。网络管理应用的开发一直是最活跃的研发领域。

图 1-1 把被管理资源画在单独的方框中，表明被管理资源可能与管理站处于不同的系统中。网络管理涉及监视和控制网络中的各种硬件、固件和软件元素，例如网卡、集线器、交换机、路由器、主机、外围设备、通信软件、应用软件和实现网络互联的系统软件等。网络管理信息由被管理设备中的代理进程控制，代理进程通过网络管理协议与管理站对话。

1.2.2　网络管理系统的配置

网络管理系统的配置如图 1-2 所示。每一个网络节点都包含一组与管理有关的软件，叫做网络管理实体(Network Management Entity，NME)。

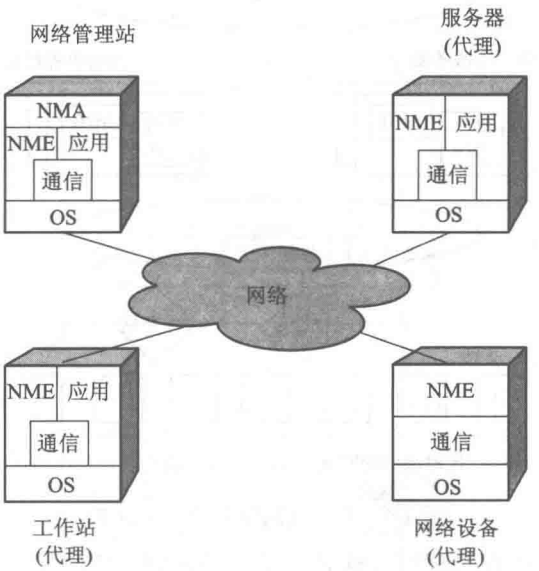


图 1-2　网络管理系统的配置

网络管理实体要完成以下任务：

- 收集有关网络通信的统计信息。
- 对本地设备进行测试，记录设备状态信息。
- 在本地存储有关信息。
- 响应网络控制中心的请求，发送管理信息。
- 根据网络控制中心的指令，设置或改变设备参数。

网络中至少有一个节点(主机或路由器)担当管理站的角色(Manager)。除过 NME 之外，管理站中还有一组软件，叫做网络管理应用(Network Management Application，NMA)。NMA 提供用户接口，根据用户的命令显示管理信息，通过网络向 NME 发出请求或指令，以便获取有关设备的管理信息，或者改变设备的配置状态。

网络中的其他节点在 NME 的控制下与管理站通信，交换管理信息。这些节点中的 NME 模块叫做代理模块，网络中任何被管理的设备(主机、交换机、路由器或集线器等)都必须实现代理模块。所有代理在管理站的监视和控制下协同工作，实现集中式网络管理。这种集中式网络管理策略的好处是管理人员可以有效地控制整个网络资源，根据需要平衡网络负载，优化网络性能。

然而对于大型网络，集中式管理往往显得力不从心，必须让位于分布式的管理策略。这种向分布式管理演化的趋势与集中式计算模型向分布式计算模型演化的总趋势是一致的。图 1-3 提出了一种可能的分布式网络管理配置方案。

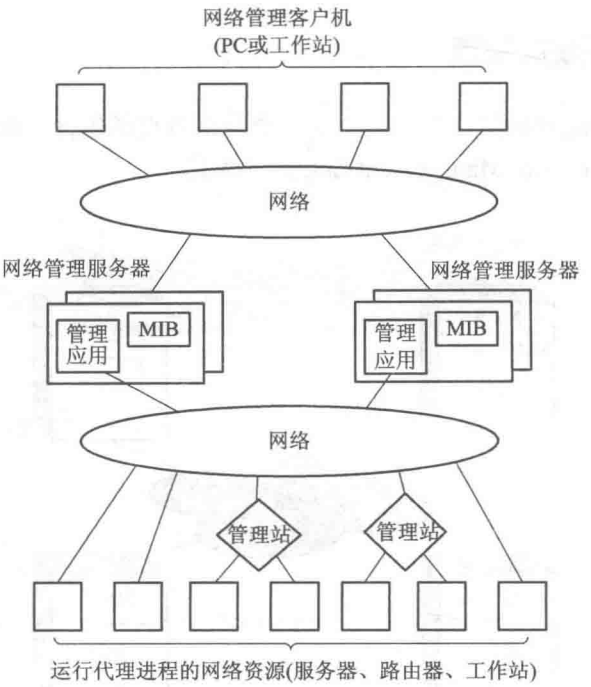


图 1-3　分布式网络管理配置方案

在这种配置中，分布式管理系统代替了单独的网络控制主机。地理上分布的网络管理客户机与一组网络管理服务器交互作用，共同完成网络管理功能。这种管理策略可以实现分部门管理，即限制每个客户机只能访问和管理本部门的网络资源，而由一个中心管理站实施全局管理。同时中心管理站还能对管理功能较弱的客户机发出指令，实现更高级的管理。分布式网络管理的灵活性(Flexibility)和可伸缩性(Scalability)带来的好处日益为网络管理工作者所青睐，这方面的研发是网络管理中最活跃的领域。

图 1-2 和图 1-3 的系统要求每个被管理设备都能运行代理程序，并且所有管理站和代理都支持相同的管理协议。这种要求有时是无法实现的。例如有的老设备可能不支持当前的网络管理标准；小的系统可能无法完整实现 NME 的全部功能；甚至还有一些设备(例如 Modem 和多路器等)根本不能运行附加的软件，一般把这些设备叫做非标准设备。在这种情况下，可以用一个叫做委托代理的设备(Proxy)来管理一个或多个非标准设备。委托代理和非标准设备之间运行制造商专用的协议，而委托代理和管理站之间运行标准的网络管理协议。这样，管理站就可以用标准的方式通过委托代理得到非标准设备的管理信息。委托代理起到了协议转换的作用，如图 1-4 所示。

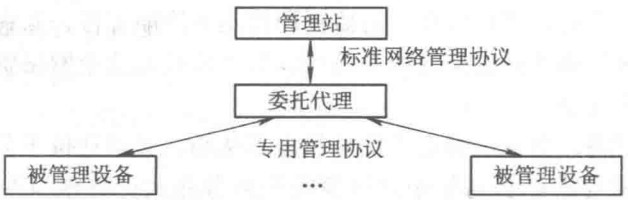


图 1-4　委托代理

1.2.3　网络管理软件的结构

网络管理软件包括用户接口软件、管理专用软件和管理支持软件，如图 1-5 所示，大约相当于图 1-1 中管理站的上三层。

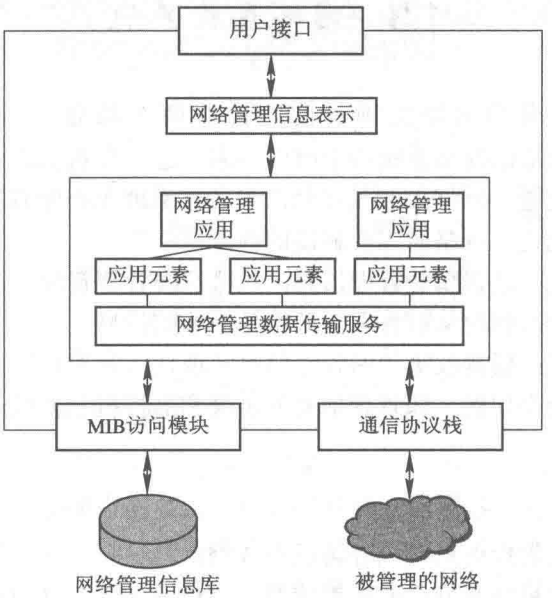


图 1-5　网络管理软件的结构

用户通过网络管理接口与管理专用软件交互作用，监视和控制网络资源。接口软件不但存在于管理站上，而且也可能出现在代理系统中，以便对网络资源实施本地配置、测试和排错。不论主机和设备出自何方厂家，运行什么操作系统，有效的网络管理系统都需要统一的用户接口，这样才可以方便地对异构型网络进行监控。接口软件还要有一定的信息处理能力，以对大量的管理信息进行过滤、统计、化简和汇总，以免传递的信息量太大而浪费网络带宽。最后，理想的用户接口应该是图形用户接口，而非命令行或表格形式。

管理专用软件画在图 1-5 中心的大方框中。足够复杂的网管软件可以支持多种网络管理应用，例如配置管理、性能管理、故障管理等。这些应用虽然在实现细节上可能有所不同，但能适用于各种网络设备和网络配置。图 1-5 还表示出用大量的应用元素支持少量管理应用的设计思想。应用元素实现通用的基本管理功能(例如产生报警、对数据进行分析等)，可以被多个应用程序调用。传统的模块化设计方法可提高软件的重用性，提高实现的效率。网络管理软件的最低层提供网络管理数据传输服务，用于在管理站和代理之间交换管理信息。管理站利用这种服务接口可以检索设备信息、配置设备参数，代理则通过服务接口向管理站报告设备事件。

管理支持软件包括管理信息库(Management Information Base，MIB)访问模块和通信协议栈。代理中的 MIB 包含反映设备配置和设备行为的信息，以及控制设备操作的参数。管理站的MIB 除了保留本地节点的管理信息外，还保存着管理站控制的所有代理的相关信息。MIB 访问模块具有基本的文件管理功能，使得管理站或代理可以访问 MIB，同时该模块还

能把本地的 MIB 格式转换为适于网络管理系统传送的标准格式。

通信协议栈支持节点之间的通信。由于网络管理协议位于应用层，原则上任何通信体系结构都能胜任，虽然具体的实现可能有特殊的通信要求。

1.3 网络监控系统

网络管理功能可分为网络监视和网络控制两大部分，统称网络监控(Network Monitoring)。网络监视是指收集系统和子网的状态信息，分析被管理设备的行为，以便发现网络运行中存在的问题。网络控制是指修改设备参数或重新配置网络资源，以便改善网络的运行状态。具体地说，网络监控要解决的问题是：

- 管理信息的定义：监视哪些管理信息，从哪些被管理资源获得管理信息。
- 监控机制的设计：如何从被管理资源得到需要的信息。
- 管理信息的应用：根据收集到的管理信息实现什么管理功能。

下面首先说明前两个问题，即管理信息的定义和监控机制的设计。

1.3.1 管理信息库

对网络监控有用的管理信息可以分为以下 3 类：

- 静态信息：包括系统和网络的配置信息，例如路由器的端口数和端口编号、工作站标识和 CPU 类型等，这些信息不经常变化。
- 动态信息：与网络中出现的事件和设备的工作状态有关，例如网络中传送的分组数、网络连接的状态等。
- 统计信息：从动态信息推导出的信息，例如平均每分钟发送的分组数、传输失败的概率等。

管理信息库的组成如图 1-6 所示。配置数据库中存储着计算机和网络的基本配置信息，传感器数据库中存储着传感器的设置信息。传感器是一组软件，用于实时地读取被管理设备的有关参数。配置数据库和传感器数据库共同组成静态数据库。动态数据库存储着由传感器收集的各种网络元素和网络事件的实时数据。统计数据库中的管理信息是由动态信息计算出来的。图 1-6 表示出了这 3 种数据库的关系。

网络监控功能一方面要确定从哪里收集管理信息，另一方面还要确定管理信息应该存储在什么地方。静态信息是由网络元素直接产生的，通常由驻留在这些网络元素(例如路由器)中的代理进程收集和存储，必要时传送给监视器。如果网络元素(例如 Modem)中没有代理进程，则可以由委托代理收集这些静态信息，并传送给监视器。

动态信息通常也是由产生有关事件的网络元素收集和存储的。例如工作站建立的网络连接数就存储在该工作站中。然而对于一个局域网来说，网络中各个设备的行为和有关数据可以由连接在网络中的一个专用主机来收集和记录，这个主机叫做远程网络监视器，它的作用是收集整个子网的通信数据，例如在一段时间内一对主机交换的分组数，或网络中出现的冲突次数等。

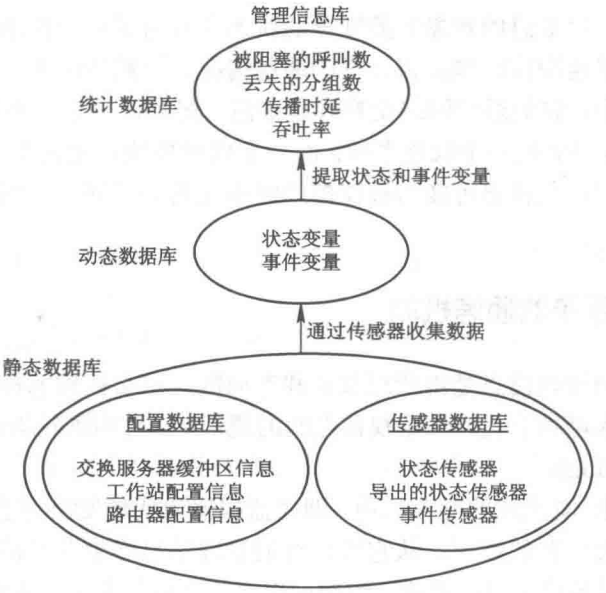


图 1-6 管理信息库的组成

统计信息可以由任何能够访问动态信息的系统产生。当然，统计信息也可以由网络监视器自己产生，这就要求把所有需要的原始数据传送给监视器，再由监视器进行分析和计算。如果原始数据的量很大，则这种监控方式可能会消耗很多网络带宽。如果存储动态信息的系统进行了分析和计算，则不但节约了网络带宽，而且也节省了监视器的处理时间。

1.3.2 网络监控系统的配置

网络监控系统的配置如图 1-7(a)所示。监控应用程序是监控系统的用户接口，它完成性能监视、故障监视和计费监视等功能。管理功能负责与其他网络元素中的代理进程通信，把需要的监控信息提供给监控应用程序。这两个模块都处于管理站中。管理对象表示被监控的网络资源中的管理信息，所有管理对象遵从网络管理标准的规定。管理对象中的信息通过代理功能提供给管理站。图 1-7(b)中增加了监控代理功能。这个模块的作用是专门对管理信息进行计算和统计分析，并且把计算的结果提供给管理站。在管理站看来，监控代理的作用和一般代理是一样的，然而它管理着多个代理系统。

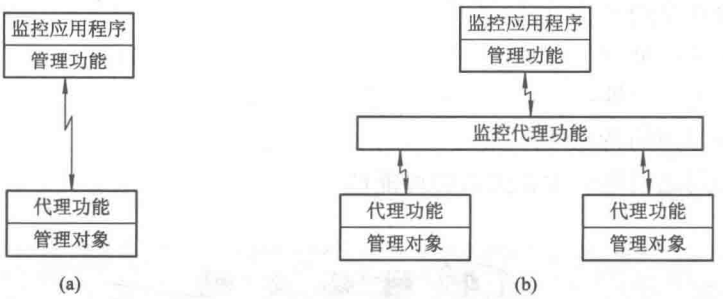


图 1-7 网络监控系统的体系结构

实际上这些功能模块可以处于不同的网络元素中，组成多种形式的监控系统。如果管理站本身就是一个被监控的网络元素，则它应该包含监控应用程序、管理功能、代理进程

以及一组反映自身管理信息的对象。监视器的状态和行为对整个网络监控系统的性能起决定作用，因而监视器也应该时刻监视自身的通信情况。一般情况下，监视器与代理系统处于不同的网络元素中，它们通过网络交换管理信息。另外，一个管理站/监视器可以监控多个代理系统，也可以只监控一个代理系统；而一个代理系统可能代理一个或多个网络元素，甚至代理整个局域网；监视器可能与被监控的网络元素处于同一子网中，也可能通过远程网络互连。

1.3.3　网络监控系统的通信机制

对监视器有用的管理信息是由代理收集和存储的，那么代理怎样把这些信息传送给监视器呢？有两种技术可用于代理和监视器之间的通信，一种叫做轮询(Polling)，一种叫做事件报告(Event Reporting)。

轮询是一种请求-响应式的交互作用，即由监视器向代理发出请求，询问它所需要的信息数值，代理响应监视器的请求，从它所保存的管理信息库中取得请求的信息，返回给监视器。请求可以采用各种不同的形式，例如列出一些变量的名字，要求代理返回变量的值；或者给出一种匹配模式，要求代理搜索与模式匹配的所有变量的值。监视器可能要查询它所管理的系统的配置，或者周期地询问被管理系统配置改变的情况；监视器也可能在收到一个报警后用轮询方式详细调查某个区域的真实情况，或者根据用户的要求通过轮询生成一个配置报告。

事件报告是由代理主动发送给管理站的消息。代理可以根据管理站的要求(周期、内容等)定时地发送状态报告，也可能在检测到某些特定事件(例如状态改变)或非正常事件(例如出现故障)时生成事件报告，发送给管理站。事件报告对于及时发现网络中的问题是很有用的，特别对于监控状态信息不经常改变的管理对象更有效。

在已有的各种网络监控系统中都设置了轮询和事件报告两种通信机制，但强调的重点有所不同。传统的通信管理网络主要依赖事件报告，而 SNMP 强调轮询方法，OSI 系统管理则采取了这两种极端方法的中间道路。然而无论是 SNMP 还是 OSI，以及某些专用的管理系统都允许用户根据具体情况决定使用何种通信方式。影响通信方式选择的主要因素如下：

- 传送监控信息需要的通信量；
- 对危急情况的处理能力；
- 对网络管理站的通信时延；
- 被管理设备的处理工作量；
- 消息传输的可靠性；
- 网络管理应用的特殊性；
- 在发送消息之前通信设备失效的可能性。

1.4　网 络 监 视

网络管理有 5 大功能域，即故障管理(Fault Management)、配置管理(Configuration